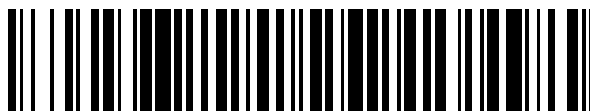


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 163**

51 Int. Cl.:

H04W 64/00 (2009.01)

G01S 5/10 (2006.01)

H04W 48/16 (2009.01)

G01S 5/02 (2010.01)

H04W 24/10 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2011 E 16154014 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3041301**

54 Título: **Método para realizar mediciones para la diferencia de tiempo de llegada observada en un sistema de comunicación inalámbrica y aparato del mismo**

30 Prioridad:

16.07.2010 US 364818 P
25.03.2011 KR 20110026815

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2019

73 Titular/es:

BLACKBERRY LIMITED (100.0%)
2200 University Avenue East
Waterloo, Ontario N2K 0A7, CA

72 Inventor/es:

WOO, KYUNGSOO;
YOON, SUKHYON;
BAE, HYOWON;
HAN, SEUNGHEE;
JUNG, HYUNGSUNG y
MAENG, JOONSEOK

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 729 163 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para realizar mediciones para la diferencia de tiempo de llegada observada en un sistema de comunicación inalámbrica y aparato del mismo.

5 La presente invención se refiere a un sistema de comunicación inalámbrica, y más particularmente, a un método para determinar una posición en un sistema de comunicación inalámbrica y un aparato del mismo.

En primer lugar, se describe una estructura de trama en un sistema de comunicación inalámbrica con referencia a la FIG. 1 de la siguiente manera.

La figura 1 es un diagrama para una estructura de trama del sistema LTE (evolución a largo plazo).

10 Con referencia a la FIG. 1, una sola trama está construida con 10 subtramas. Cada una de las subtramas incluye un par de franjas. El tiempo necesario para transmitir una subtrama se denomina intervalo de tiempo de transmisión (en adelante abreviado como TTI). Por ejemplo, una sola subtrama equivale a 1 ms y una sola franja equivale a 0.5 ms.

Una franja incluye una pluralidad de símbolos OFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal). En este caso, el símbolo OFDM se puede llamar símbolo SC-FDMA o duración del símbolo.

15 Una franja incluye 7 o 6 símbolos OFDM de acuerdo con la longitud de un prefijo cíclico (en adelante abreviado CP). En el sistema LTE, los prefijos cíclicos se pueden clasificar en un CP normal y un CP extendido. En caso de usar un CP normal, una sola franja incluye 7 símbolos OFDM. En caso de usar un CP extendido, una sola franja incluye 6 símbolos OFDM. Y, el CP extendido se utiliza en caso de que la propagación de demora sea grande.

La figura 2 es un diagrama de una estructura de franja en LTE.

20 Con referencia a la FIG. 2, una señal transmitida en cada franja puede representarse utilizando una cuadrícula de recursos construida con subportadoras $N_{RB}^{DL} \times N_{SC}^{DL}$ y símbolos OFDM N_{simb}^{DL} (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal). En este caso, el N_{RB}^{DL} indica el número de bloques de recursos (RB), el N_{SC}^{DL} indica el número de subportadoras que configuran un solo RB, y el N_{simb}^{DL} indica el número de símbolos OFDM en una sola franja.

En la siguiente descripción, se explica un método para determinar una posición de un Equipo de Usuario de acuerdo con una técnica relacionada.

25 En primer lugar, la demanda de un método de posicionamiento de un Equipo de Usuario está aumentando debido a diversas aplicaciones en la vida real. El método de posicionamiento del equipo del usuario se puede clasificar principalmente en un esquema basado en un sistema de posicionamiento global (GPS) y un esquema basado en el posicionamiento terrestre.

30 El esquema basado en GPS mide una posición de un equipo de usuario que usa satélites. Sin embargo, el esquema basado en GPS requiere señales de recepción de al menos cuatro satélites y no es aplicable a un ambiente interior.

35 El esquema basado en el posicionamiento terrestre mide la posición de un equipo de usuario utilizando una diferencia de tiempo entre las señales de las estaciones base y requiere señales de recepción de al menos tres estaciones base. Aunque el rendimiento de la estimación de la posición del esquema basado en el posicionamiento terrestre es inferior al del esquema basado en GPS, el esquema basado en el posicionamiento terrestre es aplicable a casi todos los entornos. El esquema basado en el posicionamiento terrestre estima una posición de un Equipo de Usuario utilizando una señal de sincronización o una señal de referencia. Y, el esquema basado en el posicionamiento terrestre se puede definir como la siguiente terminología según estándar.

40 En primer lugar, el esquema basado en el posicionamiento terrestre se define como OTDOA (Diferencia de Tiempo observada de Llegada) en UTRAN (Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS). En segundo lugar, el esquema basado en el posicionamiento terrestre se define como E-OTD (diferencia de tiempo observada mejorada) en GERAN (red de acceso de radio GSM/EDGE). En tercer lugar, el esquema basado en el posicionamiento terrestre se define como AFLT (Trilateración avanzada de enlace directo) en CDMA 2000.

La FIG. 3 es un diagrama para un ejemplo de OTDOA de enlace descendente como una especie de esquema basado en posicionamiento terrestre utilizado por los estándares 3GPP.

45 Con referencia a la FIG. 3, dado que un Equipo de Usuario realiza un reloj de referencia con referencia a un subtrama transmitido desde una celda de servicio actual, las señales recibidas desde celdas vecinas difieren entre sí en TDOA (Diferencia de tiempo de llegada).

La figura 4 es un diagrama para un ejemplo de un método de posicionamiento de un Equipo de Usuario (en adelante abreviado EU) utilizando OTDOA.

50 Con referencia a la FIG. 4, un método para determinar una posición de un EU se realiza generalmente utilizando una señal de referencia común (CRS) o una señal de sincronización (por ejemplo, una señal de sincronización primaria/una

- 5 señal de sincronización secundaria: PSS/SSS). Alternativamente, el método para determinar una posición del EU puede definir y usar una señal de referencia de posicionamiento (en adelante PRS abreviada) dedicada a LCS (servicio de ubicación). Un equipo de usuario encuentra una diferencia entre el tiempo que se tarda en recibir una señal desde una estación base de referencia única y el tiempo que se tarda en recibir una señal desde cada una de una pluralidad de estaciones base vecinas que usan señales de referencia o sincronización recibidas desde la estación base de referencia única y una pluralidad de estaciones base vecinas y luego transmite la diferencia de tiempo encontrada a un centro de ubicación móvil de servicio mejorado (E-SMLC). Posteriormente, el E-SMLC puede calcular una posición del EU resolviendo una ecuación lineal usando la expansión de la serie de Taylor.
- 10 Un centro de ubicación (por ejemplo, E-SMLC) puede realizar una solicitud de información OTDOA, que se requiere para calcular una posición de un EU, a la estación base. FIG. 5 es un diagrama para intercambiar información OTDOA entre un centro de ubicación y una estación base.
- 15 Con referencia a la FIG. 5, un centro de ubicación transmite un mensaje de solicitud de información OTDOA a una estación base. Una vez recibido el mensaje de solicitud de información OTDOA, la estación base transmite un mensaje de respuesta de información OTDOA que incluye información de celda OTDOA al centro de ubicación. En este caso, la información de la celda OTDOA contiene un índice de configuración PRS de la estación base, un tiempo de inicialización SFN, una configuración de silenciamiento PRS y similares.
- 20 Posteriormente, el EU recibe información OTDOA de una estación base de referencia e información OTDOA de una pluralidad de estaciones base vecinas desde la estación base de servicio. En este caso, la información OTDOA contiene un índice de configuración de PRS, una configuración de silenciamiento de PRS y similares.
- En particular, el índice de configuración PRS indica la información sobre un punto de tiempo de transmisión de un PRS (señal de referencia de posicionamiento). A saber, el EU puede adquirir el número de trama y el número de franja, en el que la estación base transmite el PRS, desde el índice de configuración de PRS.
- El EU está sincronizado con una estación base de servicio y es consciente de un número de trama del sistema (en lo sucesivo, SFN abreviado) de la estación base de servicio solamente.
- 25 Sin embargo, dado que el índice de configuración de PRS está configurado para coincidir con una SFN de la estación base de referencia o vecina que transmite el PRS, el EU debe conocer la SFN de la estación de base de referencia o vecina.
- 30 En el caso de una red síncrona que tenga sincronización de transmisión coincidente entre estaciones base o una red síncrona parcialmente alineada, ya que el EU es capaz de estimar un límite SFN de la estación base de referencia o estación base vecina con referencia a la celda de servicio, No provoca un problema grave. Por el contrario, en el caso de una red asíncrona que tenga una sincronización de transmisión no coincidente entre las estaciones base, el EU puede recibir el PRS desde la estación base de referencia o la estación base vecina solo si está al tanto de la información SFN de la estación base de referencia o vecina.
- 35 En caso de que el EU no tenga conocimiento de la información de SFN de una señal recibida de la estación base de referencia o vecina, el EU debería obtener la información de SFN mediante la decodificación de P-BCH (canal de transmisión primaria) de cada uno de los correspondientes Estaciones base, lo que aumenta la complejidad de la EU. Y, provoca un problema que el P-BCH recibido de una estación base que tiene un bajo SINR de una señal de recepción tiene una baja tasa de decodificación exitosa.
- 40 En general, dado que una celda de referencia es una celda para convertirse en una referencia de TDOA, es muy probable que una celda que tenga una buena geometría se establezca como una celda de referencia. Por lo tanto, una tasa de decodificación exitosa de P-BCH puede ser alta. Sin embargo, las tasas de decodificación exitosas de P-BCH de celdas vecinas pueden ser bajas. Por ejemplo, dado que la referencia Es/lot de una celda de referencia para OTDOA y la referencia Es/lot de una celda vecina para OTDOA en la definición por TS 36.133 son -6 dB y -13 dB, respectivamente, es difícil para un EU decodificar exitosamente el P-BCH de la celda vecina.
- 45 De acuerdo con la especificación técnica LTE-E-UTRA-LPP 3GPP TS 36.355 versión 9.2.1, versión 9 de 1. Julio de 2010, secciones 6.5.1.1 y 6.5.1.2, posicionamiento OTDOA, el elemento de información OTDOA-Proporciona Datos de Asistencia, que son utilizados por el servidor de ubicación para proporcionar datos de asistencia de información del sistema para habilitar OTDOA de enlace descendente asistido por EU, y se divulga el elemento de datos de asistencia de OTDOA.
- 50 Sin embargo, de acuerdo con una técnica relacionada, dado que un EU está sincronizado con una estación base de servicio, provoca el problema de que se reduce la eficiencia en la recepción de PRS desde una celda de referencia o una celda adyacente.
- 55 De acuerdo con una técnica relacionada, en la que la información de silenciamiento de PRS se define con referencia a SFN de una celda de servicio, se calcula una posición en una subtrama de silenciamiento con referencia al SFN de la celda de servicio. Por lo tanto, un índice de configuración de PRS se configura para que coincida con el SFN de una celda de referencia o vecina que transmite PRS y la información de silenciamiento de PRS se define con referencia a

la SFN de la celda de servicio, lo que provoca un problema que el índice de configuración de PRS y la información de silenciamiento de PRS entra en conflicto entre sí.

5 De acuerdo con una técnica relacionada, en la que la información de silenciamiento de PRS se define con referencia a SFN de una celda de referencia, una posición en una subtrama de silenciamiento se calcula con referencia a la SFN de la celda de referencia. Por lo tanto, un índice de configuración de PRS se configura para que coincida con el SFN de una celda de referencia o vecina que transmite PRS y la información de silenciamiento de PRS se define con referencia al SFN de la celda de referencia, lo que provoca un problema que el índice de configuración de PRS y la información de silenciamiento de PRS entra en conflicto entre sí.

10 Como se mencionó en la descripción anterior, de acuerdo con las técnicas relacionadas, la eficiencia en la recepción de PRS de una celda de referencia o vecina se reduce.

Resumen de la Invención

De acuerdo con lo anterior, la presente invención está dirigida a un método para determinar una posición en un sistema de comunicación inalámbrica y un aparato del mismo que evita sustancialmente uno o más problemas debido a las limitaciones y desventajas de la técnica relacionada.

15 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método para determinar una posición en un sistema de comunicación inalámbrica y un aparato del mismo, que permita a un EU recibir de manera eficiente PRS desde una celda de referencia o vecina.

20 Las ventajas, objetos y características adicionales de la invención se expondrán en parte en la descripción que sigue y en parte se harán evidentes para los expertos en la técnica al examinar lo siguiente o se pueden aprender de la práctica de la invención. Los objetivos y otras ventajas de la invención pueden realizarse y lograrse mediante la estructura particularmente señalada en la descripción escrita y en las reivindicaciones de la presente, así como en los dibujos adjuntos.

25 El objetivo identificado anteriormente se resuelve mediante las características de las reivindicaciones independientes. Realizaciones ventajosas se derivan de las reivindicaciones dependientes respectivas. Preferiblemente, un método para determinar la posición de un Equipo de Usuario en un sistema de comunicación inalámbrica de acuerdo con la presente invención incluye las etapas de recibir información del sistema, incluida información sobre una celda de referencia y al menos una celda vecina de un servidor de ubicación, recibir señales de referencia de posicionamiento (PRS) desde la celda de referencia y la al menos una celda vecina que usa la información del sistema, medir la diferencia de tiempo de la señal de referencia (RSTD) de cada una de las al menos una celda vecina para la celda de referencia, y transmitir el al menos un RSTD medido al servidor de ubicación.

30 Y, el RSTD es una diferencia de tiempo relativa entre dos celdas. Además, la información del sistema incluye al menos una celda para obtener un número de trama del sistema (SFN) por parte del EU, como la celda de referencia o la al menos una celda vecina.

Preferiblemente, la al menos una celda para obtener el SFN, es una celda de servicio.

35 Preferiblemente, la información del sistema incluye un desplazamiento del número de franja, un valor esperado de RSTD y la incertidumbre del valor esperado de RSTD de al menos una celda vecina, el desplazamiento del número de franja es un desplazamiento entre un número de franja de la celda de referencia y el número de franja de cada una de las al menos una celda vecina, el valor esperado de RSTD es un valor de RSTD que se espera que mida el EU, y la incertidumbre del valor esperado de RSTD es un rango de error del valor esperado de RSTD.

40 Preferiblemente, la información del sistema incluye un índice de configuración de PRS que indica información sobre un punto de tiempo de transmisión del PRS de la celda de referencia y un índice de configuración de PRS que indica información sobre un punto de tiempo de transmisión del PRS de cada uno de por lo menos un vecino celda.

Preferiblemente, el método incluye además la etapa de transmitir un mensaje para solicitar la información del sistema al servidor de ubicación.

45 Preferiblemente, la etapa de medir el RSTD incluye las etapas de medir el tiempo de llegada (TOA) de la PRS de la celda de referencia usando la información del sistema, midiendo un TOA de la PRS de cada una de las al menos una celda vecina usando la información del sistema, y calculando el RSTD de cada una de las al menos una celda vecina para la celda de referencia usando el TOA medido de la celda de referencia y el TOA medido de cada una de las al menos una celda vecina.

50 Más preferiblemente, si al menos una celda es la celda de referencia, la etapa de medir el TOA de la celda de referencia incluye la etapa de recibir el PRS de la celda de referencia utilizando el SFN de la celda de referencia y un índice de configuración de PRS de la celda de referencia incluida en la información del sistema, y el índice de configuración de PRS de la celda de referencia indica un punto de tiempo en el que se transmite el PRS de la celda de referencia.

Más preferiblemente, si al menos una celda es la al menos una celda vecina, la etapa de medir el TOA de la celda de referencia incluye la etapa de recibir el PRS de la celda de referencia usando un desplazamiento de número de franja de al menos una celda, un valor esperado de RSTD e incertidumbre del valor esperado de RSTD en la información del sistema. El desplazamiento del número de franja es un desplazamiento entre un número de franja de la celda de referencia y un número de franja de la al menos una celda. El valor esperado de RSTD es un valor de RSTD que se espera que sea medido por el EU. Y, la incertidumbre del valor esperado de RSTD es un rango de error del valor esperado de RSTD.

Preferiblemente, un método para soportar un posicionamiento de un Equipo de Usuario (EU) por un servidor de ubicación de un sistema de comunicación inalámbrico incluye las etapas de transmitir información del sistema que incluye información sobre una celda de referencia y al menos una celda vecina al EU y recibir una diferencia de tiempo de señal de referencia (RSTD) de cada una de las al menos una celda vecina para la celda de referencia del EU. El RSTD es medido por el EU de acuerdo con las señales de referencia de posicionamiento (PRS) recibidas desde la celda de referencia y la al menos una celda vecina que usa la información del sistema. Y, el RSTD es una diferencia de tiempo relativa entre dos celdas. Además, la información del sistema incluye al menos una celda para obtener un número de trama del sistema (SFN) por parte del EU, como la celda de referencia o la al menos una celda vecina.

Preferiblemente, un Equipo de Usuario (EU) en un sistema de comunicación inalámbrico incluye un módulo receptor configurado para recibir información del sistema que incluye información en una celda de referencia y al menos una celda vecina de un servidor de ubicación, un procesador configurado para medir la diferencia de tiempo de la señal de referencia (RSTD) de cada una de las al menos una celda vecina para la celda de referencia al recibir señales de referencia de posicionamiento (PRS) de la celda de referencia y la al menos una celda vecina que usa la información del sistema, y un módulo de transmisión configurado para transmitir el RSTD al servidor de ubicación. Y, el RSTD es una diferencia de tiempo relativa entre dos celdas. Además, la información del sistema incluye al menos una celda para obtener un número de trama del sistema (SFN), como la celda de referencia o la al menos una celda vecina.

Preferiblemente, un servidor de ubicación en un sistema de comunicación inalámbrico incluye un módulo de transmisión configurado para transmitir información del sistema que incluye información sobre una celda de referencia y al menos una celda vecina a un Equipo de Usuario (EU) y un módulo de recepción configurado para recibir la diferencia de tiempo de la señal de referencia (RSTD) de cada una de las al menos una celda vecina para la celda de referencia del EU. El RSTD es medido por el EU de acuerdo con las señales de referencia de posicionamiento (PRS) recibidas desde la celda de referencia y la al menos una celda vecina que usa la información del sistema. Y, el RSTD es una diferencia de tiempo relativa entre dos celdas. Además, la información del sistema incluye al menos una celda para obtener un número de trama del sistema (SFN) por parte del EU, como la celda de referencia o la al menos una celda vecina.

Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son ejemplares y explicativas y pretenden proporcionar una explicación adicional de la invención según se reivindica.

Por consiguiente, la presente invención proporciona el siguiente efecto o ventaja.

En primer lugar, una celda que permite a un EU obtener un número de trama del sistema (en adelante SFN abreviado) se incluye como una celda de referencia o una celda adyacente en la información del sistema para OTDOA, por lo que un EU puede recibir eficazmente PRS desde la celda de referencia o La celda vecina.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y se incorporan y constituyen una parte de esta solicitud, ilustran la (s) realización (es) de la invención y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención.

En los dibujos:

La figura 1 es un diagrama para una estructura de trama del sistema LTE (evolución a largo plazo);

La figura 2 es un diagrama de una estructura de franja en LTE;

La figura 3 es un diagrama para un ejemplo de enlace descendente OTDOA como una especie de esquema basado en posicionamiento terrestre utilizado por los estándares 3GPP;

La figura 4 es un diagrama para un ejemplo de un método de posicionamiento de un EU que usa OTDOA;

La figura 5 es un diagrama para intercambiar información OTDOA entre un centro de ubicación y una estación base;

La figura 6 es un diagrama de patrones de PRS asignados a un elemento de recurso;

La figura 7 es un diagrama de flujo para un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

La figura 8 es un diagrama de un proceso para que un EU solicite datos de asistencia al servidor de ubicación y reciba datos de asistencia de un servidor de ubicación;

La figura 9 es un diagrama de los datos de asistencia OTDOA incluidos en un mensaje de suministro de datos de asistencia;

5 La figura 10 es un diagrama de la información de la celda de referencia OTDOA;

La figura 11, es un diagrama de prslInfo;

La figura 12 es un diagrama de una lista de información de celdas vecinas de OTDOA;

La figura 13 es un diagrama para un rango de una posición para recibir PRS de una celda de referencia;

La figura 14 es un diagrama para un rango de una posición para recibir PRS de una celda vecina; y la

10 FIG. 15 es un diagrama para configuraciones de transmisor y receptor, en el que se implementan realizaciones de la presente invención.

Mejor modo para llevar a cabo la invención

Ahora se hará referencia en detalle a las realizaciones preferidas de la presente invención, ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. En la siguiente descripción detallada de la invención se incluyen detalles para ayudar a la comprensión completa de la presente invención. Sin embargo, es evidente para los expertos en la materia que la presente invención puede implementarse sin estos detalles. Por ejemplo, aunque las siguientes descripciones se hacen en detalle suponiendo que un sistema de comunicación móvil incluye el sistema UMTS, las siguientes descripciones son aplicables a otros sistemas de comunicación móvil aleatorios, excepto las características únicas del sistema UMTS.

20 Ocasionalmente, para evitar que la presente invención se vuelva más vaga, las estructuras y/o dispositivos conocidos por el público se omiten o pueden representarse como diagramas de bloques centrados en las funciones básicas de las estructuras y/o dispositivos. Siempre que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a partes iguales o similares.

25 Además, en la siguiente descripción, asuma que un terminal es un nombre común de dicho dispositivo del lado del usuario móvil o fijo como un equipo de usuario (EU), una estación móvil (MS), una estación móvil avanzada (AMS) y similares. Y, suponga que una estación base es un nombre común de dicho nodo aleatorio de un lado de la red que se comunica con un terminal como un Nodo B (NB), un eNodo B (eNB), una estación base (BS), una estación base avanzada (ABS) y similares.

En la siguiente descripción, se explica una señal de referencia de posicionamiento (en lo sucesivo, PRS abreviada).

30 En primer lugar, PRS es una señal de referencia utilizada para posicionar un EU y se transmite en bloques de recursos de una subtrama de enlace descendente (en lo sucesivo, DL), determinada solo para transmisión PRS.

La secuencia de PRS se define de acuerdo con la Fórmula 1.

Figura 1 Matemática

$$r_{l,n_s}(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m + 1)), m = 0, 1, \dots, 2N_{RB}^{\max, DL} - 1$$

35 En la Figura 1 de Matemáticas, la

$$r_{l,n_s}(m)$$

indica una secuencia de PRS, n_s indica un número de franja en una trama y el 'l' indica un número de símbolo OFDM en una franja. La $c(i)$ indica secuencia pseudoaleatoria, y se inicializa un generador de secuencia pseudoaleatoria en $cinit$ que se muestra en la Fórmula 2 Matemática en un punto de inicio de cada símbolo OFDM.

40 Figura 2 Matemática

$$C_{init} = 2^{10} \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{ID}^{celda} + 1) + 2 \cdot N_{ID}^{celda} + N_{CP}$$

En la Fórmula 2 Matemática, el N_{ID}^{celda} es una ID de celda de capa física. El N_{CP} se establece en 1 si un símbolo OFDM tiene un prefijo cíclico (CP) normal. El N_{CP} se establece en 0 si un símbolo OFDM tiene un prefijo cíclico extendido (CP).

La figura 6 es un diagrama de patrones de PRS asignados a un elemento de recurso. FIG. 6 (a) muestra un caso de CP normal. La FIG. 6 (b) muestra un caso de CP extendido.

En la siguiente descripción, se explica un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

- 5 En primer lugar, en un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una realización de la presente invención, el EU calcula una diferencia de tiempo de señal de referencia (en lo sucesivo, RSTD) entre una celda de referencia y celdas vecinas al recibir datos de asistencia desde una estación base y también recibe PRS desde la celda de referencia y las celdas vecinas usando los datos de asistencia recibidos y luego transmite el RSTD calculado a una estación base de servicio. Posteriormente, la estación base de servicio transmite el RSTD a un servidor de ubicación. Finalmente, el servidor de ubicación determina una posición del EU utilizando el RSTD.

El RSTD significa una diferencia de tiempo relativa entre la celda de referencia y la celda vecina y se puede definir como la Fórmula 3 Matemática.

Fórmula 3 Matemática

$$T_{\text{subtramaRxj}} - T_{\text{subtramaRxi}}$$

- 15 En la Fórmula 3 Matemática, $T_{\text{subtramaRxj}}$ es un tiempo en el que un EU comienza a recibir un punto de inicio de una subtrama de una celda vecina j, y $T_{\text{subtramaRxi}}$ es un tiempo en el que el EU comienza a recibir un punto de inicio de una subtrama más cercana a la subtrama anterior, que se recibió de la celda j, de una celda de referencia i. Además, un punto de referencia de la diferencia de temporización de subtrama puede convertirse en un conector de antena del EU.

- 20 Preferiblemente, la celda de referencia y la celda vecina pueden transmitir el PRS en puntos de tiempo similares entre sí, respectivamente. Si la celda de referencia y las celdas vecinas transmiten el PRS en un punto de tiempo similar, una diferencia entre un punto de tiempo, en el cual el EU recibe el PRS de la celda de referencia, y un punto de tiempo, en el cual el EU recibe el PRS de cada una de una pluralidad de celdas vecinas, se encuentra dentro de un intervalo de tiempo predeterminado. Por ejemplo, la diferencia entre el punto de tiempo, en el que el EU recibe el PRS de la celda de referencia, y el punto de tiempo, en el que el EU recibe el PRS de cada una de una pluralidad de celdas vecinas, puede encontrarse dentro de 1 subtrama. Si es así, suponiendo que una subtrama prescrita recibida por el EU de la celda vecina j es una primera subtrama de PRS que se posiciona en ocasiones de la celda vecina j de acuerdo con la definición del RSTD, una subtrama prescrita recibida de la celda i más cercana a la prescrita la subtrama recibida de la celda j se convierte en la primera subtrama de las ocasiones de posicionamiento PRS de la celda de referencia i.
- 30 En este caso, las ocasiones de posicionamiento PRS significan subtramas de DL consecutivos a los que se asigna PRS. Por lo tanto, el RSTD se convierte en una diferencia entre un punto de tiempo de recibir el PRS de la celda adyacente j y un punto de tiempo de recibir el PRS de la celda de referencia i. En este caso, un punto de tiempo de recibir un PRS de una celda específica se llama TOA (hora de llegada) del PRS.

- 35 Un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una primera realización de la presente invención se describe con referencia a la FIG. 7 de la siguiente manera.

La figura 7 es un diagrama de flujo para un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

- 40 Con referencia a la FIG. 7, un EU recibe datos de asistencia de un servidor de ubicación [S710]. En este caso, los datos de asistencia incluyen información del sistema de una celda de referencia y una pluralidad de celdas vecinas para permitir que el EU calcule el RSTD.

- El EU realiza una solicitud de los datos de asistencia al servidor de ubicación y luego puede recibir los datos de asistencia del servidor de ubicación, a través de una estación base. FIG. 8 es un diagrama de un proceso para que el EU solicite los datos de asistencia al servidor de ubicación y reciba los datos de asistencia del servidor de ubicación. Haciendo referencia a la fig. 8, el EU transmite un mensaje de solicitud de datos de asistencia (RequestAssistanceData) al servidor de ubicación a través de la estación base. Posteriormente, el servidor de ubicación transmite un mensaje de suministro de datos de asistencia (ProvideAssistanceData) que incluye los datos de asistencia al EU. El servidor de ubicación también puede transmitir un mensaje de datos de asistencia adicional que incluye datos de asistencia adicionales al EU. En particular, los datos de asistencia que proporcionan el último mensaje enviado por el servidor de ubicación incluyen un indicador de transacción final que indica que los datos de asistencia correspondientes que proporcionan el mensaje son un último mensaje.

- Alternativamente, el servidor de ubicación puede transmitir un mensaje de suministro de datos de asistencia sin una solicitud realizada por el EU. La FIG. 9 es un diagrama de los datos de asistencia de OTDOA incluidos en un mensaje de suministro de datos de asistencia (ProvidAssistanceData).

- 55 Con referencia a la FIG. 9, los datos de asistencia de OTDOA incluyen la información de la celda de referencia de OTDOA (otdoa-ReferenceCellInfo) y la lista de información de la celda vecina de OTDOA (otdoa-NeighbourCellInfo).

La figura 10 es un diagrama de información de celda de referencia OTDOA. En este caso, la información de la celda de referencia OTDOA incluye información sobre una celda de referencia.

5 Con referencia a la FIG. 10, la información de la celda de referencia OTDOA incluye una identidad de celda física (physCellId), una configuración de puerto de antena (antennaPortConfig), una longitud de prefijo cíclico (cpLength) e información PRS (prsInfo).

El physCellId indica una ID de celda física de una celda de referencia. AntennaPortConfig indica si una celda de referencia usa 1 puerto de antena (o 2 puertos de antena) o 4 puertos de antena para una señal de referencia específica de celda. CpLength indica la longitud de un prefijo cíclico de PRS de una celda de referencia. Y, el prsInfo indica información sobre la configuración de PRS de una celda de referencia.

10 La figura 11 es un diagrama de la prsInfo.

Con referencia a la FIG. 11, el prsInfo incluye un ancho de banda de PRS (prs-Bandwidth), un índice de configuración de PRS (prs-ConfigurationIndex), varios marcos de DL (numDL-Frames) e información de silenciamiento de PRS (prs-MutingInfo).

15 El ancho de banda de prs indica un ancho de banda utilizado en la configuración del PRS. Y, numDL-Frames indica el número de N_{PRS} de subtramas de DL contiguas a las que se asigna el PRS.

20 El prs-MutingInfo indica una configuración de silenciamiento PRS de una celda correspondiente. La configuración de silenciamiento PRS se define por una secuencia de silenciamiento PRS periódica que tiene una periodicidad de T_{PRS} . Y, el T_{PRS} se representa como el número de ocasiones de posicionamiento PRS. En este caso, las ocasiones de posicionamiento incluyen subtramas $N_{PRS}DL$. La información de silenciamiento PRS se puede definir con referencia a SFN de una celda de servicio o una celda de referencia. En caso de que la información de silenciamiento PRS se defina con referencia a la SFN de la celda de servicio, un primer bit de una secuencia de silenciamiento PRS corresponde a una primera ocasión de posicionamiento que comienza después de un punto de inicio de una trama que tiene un número de trama del sistema (SFN) de la celda de servicio está establecida en 0. En caso de que la información de silenciamiento PRS se defina con referencia al SFN de la celda de referencia, un primer bit de una secuencia de silenciamiento PRS corresponde a una primera ocasión de posicionamiento que comienza después de un punto de inicio de una trama que tiene un número de trama del sistema (SFN) de la celda de referencia establecida en 0.

30 El prs-ConfigurationIndex indica un índice de configuración de PRS. En este caso, el índice de configuración del PRS (I_{PRS}) indica información sobre un punto de tiempo de transmisión del PRS. La Tabla 1 muestra la periodicidad de transmisión de PRS (T_{PRS}) y el desplazamiento de subtrama de PRS (Δ_{PRS}) según un índice de configuración de PRS.

Tabla 1

Índice de configuración PRS (I_{PRS})	Periodicidad PRS T_{PRS} (subtrama)	Desplazamiento de subtrama PRS Δ_{PRS} (subtrama)
0-159	160	I_{PRS}
160-479	320	$I_{PRS} - 160$
480-1119	640	$I_{PRS} - 480$
1120-2399	1280	$I_{PRS} - 1120$
2400-4095	Reservado	

35 El índice de configuración de PRS se configura en una capa superior. La PRS se transmite solo en una subtrama configurado y se transmite en subtramas de DL contiguas N_{PRS} . El N_{PRS} también está configurado en la capa superior. Una primera de las subtramas contiguas de N_{PRS} , en la que se transmite el PRS, es la subtrama que cumple con la Fórmula 4 Matemática.

Figura 4 Matemática

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - \Delta_{PRS}) \bmod T_{PRS} = 0$$

40 En la Fórmula 4 Matemática, n_f indica un SFN y n_s indica un número de franja. En particular, si un EU recibe un mensaje de suministro de datos de asistencia, puede conocer una trama y una franja en la que se transmite un PRS, utilizando un índice de configuración de PRS de una celda de referencia contenida en el mensaje de suministro de datos de asistencia. Sin embargo, dado que el índice de configuración de PRS se configura con referencia a un SFN

de una celda que transmite el PRS, el EU debe conocer el SFN de la celda que transmite el PRS para obtener un punto de tiempo de transmisión del PRS.

La figura 12 es un diagrama de una lista de información de celdas vecinas de OTDOA.

5 Con referencia a la FIG. 12, una lista de información de celdas vecinas OTDOA incluye una pluralidad de elementos de información de celdas vecinas ODOA (OTDOA-NeighbourCellInfoElement). En este caso, una pluralidad de los elementos de información de celda vecina OTDOA contenidos en la lista de información de celda vecina OTDOA se pueden clasificar en orden descendente de acuerdo con una prioridad de una celda vecina para la medición RSTD del EU. En particular, un primer elemento de información de celda vecina OTDOA contenido en la lista de información de celda vecina OTDOA puede ser el elemento de información de celda vecina OTDOA de la celda vecina que tiene la mayor prioridad para la medición RSTD del EU.

10 Cada uno de los elementos de información de celda vecina OTDOA incluye una identidad de celda física (physCellId), una longitud de prefijo cíclico (cpLength), información de PRS (prsInfo), una configuración de puerto de antena (antennaPortConfig), un desplazamiento de número de franja (slotNumberOffset), un desplazamiento de subtrama PRS (prs-SubframeOffset), un valor esperado RSTD (expectedRSTD) y una incertidumbre de un valor esperado RSTD (expectedRSTD-Uncertainty).

15 El physCellId indica una ID de celda física de una celda vecina. AntennaPortConfig indica si la celda vecina usa uno (o dos) puertos de antena o cuatro puertos de antena para una señal de referencia específica de celda. Y, el cpLength indica una longitud de un prefijo cíclico de la celda vecina.

20 El prsInfo indica una configuración de PRS de una celda vecina. El prsInfo incluido en un elemento de información de celda vecina OTDOA tiene la misma forma que prsInfo contenida en la información de celda de referencia OTDOA que se muestra en la FIG. 11. En particular, prsInfo incluye prs-Bandwidth, prs-ConfigurationIndex, numDL-Frames y prs-MutingInfo.

25 En particular, el ancho de prs-Bandwidth indica un ancho de banda utilizado en la configuración de un PRS de la celda vecina, el numDL-Frames indica el número N_{prs} de subtramas de DL contiguas que tienen el PRS de la celda vecina asignada a la misma, la prs-MutingInfo indica una configuración de silenciamiento de PRS de la celda vecina, y el prs-ConfigurationIndex indica un índice de configuración de PRS de la celda vecina.

30 slotNumberOffset indica un desplazamiento de número de franja entre una celda de referencia y una celda vecina. En este caso, el desplazamiento del número de franja significa un desplazamiento que va desde un punto de inicio de una trama de radio específica de la celda de referencia hasta un punto de inicio de un cuadro de radio de la celda adyacente que viene primero al lado de la trama de radio específico. El desplazamiento del número de franja se representa como el número de franjas. Si un tiempo de la celda adyacente es igual a la de la celda de referencia, puede omitir un campo slotNumberOffset.

35 prs-SubframeOffset es un desplazamiento entre una primera subtrama PRS de una celda de referencia en una frecuencia portadora de referencia y una primera subtrama PRS de una ráfaga PRS de una celda vecina que viene primero junto a la primera subtrama PRS en una frecuencia portadora diferente y se representa como el número de subtramas.

El expectedRSTD indica un valor RSTD que se espera que sea medido por un EU. Si T_s es $1/(15000*2048)$ segundo, la resolución del RSTD esperado es $3T_s$.

40 El expectedRSTD-Uncertainty muestra la incertidumbre de un valor del expectedRSTD. En particular, expectedRSTD-Uncertainty esperada indica un rango de error del valor expectedRSTD. La incertidumbre del valor expectedRSTD se asocia con una estimación de ubicación de EU del servidor de ubicación. El expectedRSTD-Uncertainty define una ventana de búsqueda de este tipo en el EU como se muestra en la Fórmula 5 Matemática. Y, una resolución de la Incertidumbre RSTD esperada también es $3T_s$.

Figura 5 Matemática

45
$$[\text{expectedRSTD} - \text{expectedRSTD} - \text{Uncertainty}] < \text{measured RSTD} < [\text{expectedRSTD} + \text{expectedRSTD} - \text{Uncertainty}]$$

50 Como se mencionó en la descripción anterior, si un EU recibe un mensaje de suministro de datos de asistencia, el EU puede conocer las tramas y franjas en las que se transmiten las PRS de referencia y las celdas vecinas, utilizando índices de configuración de PRS (contenidos en el mensaje que proporciona datos de asistencia) de las celdas de referencia y vecinas. Sin embargo, dado que el índice de configuración PRS de la celda de referencia se configura con referencia a un SFN de la celda de referencia, el EU debe conocer el SFN de la celda de referencia para adquirir la trama y la franja en la que el PRS de la celda de referencia se transmite. Del mismo modo, dado que el índice de configuración PRS de la celda vecina se configura con referencia a un SFN de la celda vecina,

Si el EU es consciente de la SFN de una de las celdas de referencia y vecinas, el EU es capaz de calcular una trama y una franja en la que se transmite el PRS de la celda correspondiente, de la que se conoce la SFN. Para las celdas

de las cuales se desconoce el SFNS, el EU puede recibir un PRS utilizando expectedRSTD, expectedRSTD-Uncertainty y la trama y la franja en la que se transmite el PRS de la celda, del cual se conoce el SFN. Un proceso para que el EU reciba el PRS utilizando expectedRSTD, expectedRSTD-Uncertainty y la trama y la franja en la que se transmite el PRS de la celda, del cual se conoce SFN, se explicará en detalle en las descripciones de la etapa S720 y la etapa S730.

Por lo tanto, de acuerdo con la primera realización de la presente invención, se propone que un servidor de ubicación permita que una celda, de la cual un EU pueda adquirir un SFN, esté contenida como una celda de referencia o vecina en los datos de asistencia. Sin embargo, dado que el EU generalmente está sincronizado con una celda de servicio y solo es consciente de un SFN de la celda de servicio, el servidor de ubicación puede permitir que la celda de servicio esté contenida como una celda vecina o de referencia en los datos de asistencia. Por ejemplo, una realización de la presente invención se refiere a un caso en el que una celda de servicio está contenida como una celda de referencia o una celda vecina en los datos de asistencia, por lo que la presente invención no está limitada. Y, la presente invención es aplicable a todos los casos en que una celda que permite que su SFN sea adquirida por un EU está contenida como una celda de referencia o una celda vecina en los datos de asistencia.

Con referencia ahora a la FIG. 7, el EU recibe el PRS de la celda de referencia y luego mide un TOA del PRS recibido de la celda de referencia [S720].

En particular, en el caso de que una celda de servicio sea una celda de referencia, un método para que un EU mida un TOA de un PRS de la celda de referencia se describe a continuación.

En primer lugar, para recibir un PRS, un EU debe conocer una secuencia de PRS. Para encontrar una secuencia PRS de una celda de referencia utilizando la Fórmula 1, el usuario EU debe conocer un número de franja de la celda de referencia. En caso de que una celda de servicio sea la celda de referencia, el EU puede adquirir un número de franja de la celda de referencia. Por lo tanto, la secuencia PRS de la celda de referencia se puede encontrar usando la Fórmula 1.

En el caso de que la celda de servicio sea la celda de referencia, el EU puede ser consciente de un SFN de la celda de referencia. El EU calcula una trama y una franja, en la que se transmite un PRS, utilizando prs-ConfigurationIndex (contenido en datos de asistencia) de la celda de referencia. El EU recibe el PRS utilizando la secuencia PRS en la trama y la franja calculadas y luego puede calcular un TOA del PRS.

En el caso de que la celda de servicio sea la celda de referencia, ya que el EU siempre está sincronizado con la celda de referencia, el EU puede ser consciente de una posición de inicio de una trama de radio. Por lo tanto, incluso si no se usa el PRS, puede calcular el TOA del PRS utilizando el número de franja calculado a través del prs-ConfigurationIndex y el punto de inicio de la trama de radio.

En la siguiente descripción, en el caso de que una celda de servicio sea una celda adyacente, se describe a continuación un método para que un EU mida un TOA de un PRS de una celda de referencia.

En primer lugar, dado que un EU ya conoce un número de franja de una celda de servicio, el EU puede adquirir un número de franja de una celda de referencia utilizando el número de franja de la celda de servicio y slotNumberOffset (contenido en una celda vecina OTDOA lista de información) de la celda de servicio. Por lo tanto, el EU encuentra una secuencia PRS de la celda de referencia utilizando el número de franja de la celda de referencia y la Fórmula 1.

En el caso de que una celda de servicio sea una celda adyacente, ya que un EU no tiene conocimiento de un SFN de una celda de referencia, incluso si el EU calcula una trama y una franja en la que se transmite un PRS utilizando prs-ConfigurationIndex, el EU no puede recibir el PRS en la trama y la franja calculadas. Sin embargo, dado que el EU es consciente de un SFN de la celda de servicio, el EU puede calcular una trama y una franja para transmitir un PRS de la celda de servicio utilizando el prs-ConfigurationIndex de la celda de servicio incluida en la lista de información de la celda vecina. En este caso, la trama y la franja en la que se transmite el PRS de la celda de servicio puede considerarse como un TOA del PRS de la celda de servicio.

La figura 13 es un diagrama para un rango de una posición para recibir PRS de una celda de referencia.

Con referencia a la FIG. 13, se recibirá un PRS de una celda de referencia entre '(un punto de tiempo separado de un TOA de una celda de servicio por el expectedRSTD de la celda de servicio) (expectedRSTD-Uncertainty de la celda de servicio)' y '(un punto de tiempo separado del TOA de la celda de servicio por el expectedRSTD de la celda de servicio) + (expectedRSTDUncertainty de la celda de servicio)'. En particular, en la fig. 13, asumiendo que un punto de tiempo separado del TOA de la celda de servicio por el expectedRSTD se establece en X, una ventana de búsqueda se convierte en [(X - expectedRSTD-Uncertainty de la celda de servicio), (X + expectedRSTD-Uncertainty de la celda de servicio)]. Por lo tanto, el EU puede recibir el PRS de la celda de referencia si busca en la ventana de búsqueda que se muestra en la FIG. 13. En particular, el EU puede recibir el PRS de la celda de referencia si busca en la ventana de búsqueda que se muestra en la FIG. 13. En particular, el EU mide el TOA del PRS tomando una señal recibida para la ventana de búsqueda como una correlación con una secuencia PRS de la celda de referencia.

Con referencia ahora a la FIG. 7, el EU recibe PRS de las celdas vecinas y luego mide un TOA de cada una de las PRS recibidas de las celdas vecinas [S730].

5 El EU puede adquirir un número de franja de la celda vecina utilizando el número de franja de la celda de referencia encontrada en la etapa S720 y el slotNumberOffset de la celda vecina contenida en la lista de información de celda vecina OTDOA. Por lo tanto, el EU encuentra una secuencia PRS de la celda vecina utilizando el número de franja de la celda vecina y la Figura 1 Matemática.

Y, el EU es capaz de adquirir un rango de una posición para recibir el PRS de la celda de referencia usando el TOA del PRS de la celda de referencia que se encuentra en la etapa S720 y expectedRSTD y expectedRSTD-Uncertainty de la celda vecina contenida en la lista de información de celdas vecinas.

10 La figura 14 es un diagrama para un rango de una posición para recibir PRS de una celda vecina.

Haciendo referencia a la fig. 14, una PRS de una celda vecina se recibirá entre '(un punto de tiempo separado de un TOA de una celda de referencia por el expectedRSTD de la celda vecina) (expectedRSTD-Uncertainty de la celda vecina)' y '(un punto de tiempo separado del TOA de la celda de referencia por el RSTD esperado de la celda de servicio) + (expectedRSTD-Uncertainty de la celda vecina)'. En particular, en la fig. 14, asumiendo que un punto de tiempo separado del TOA de la celda de referencia por el RSTD esperado de la celda vecina se establece en Y, una ventana de búsqueda se convierte en [(Y - expectedRSTD-Uncertainty de la celda vecina), (Y + expectedRSTD-Uncertainty de celda vecina)]. Por lo tanto, el EU puede recibir el PRS de la celda vecina si busca en la ventana de búsqueda que se muestra en la FIG. 14. En particular, el EU mide el TOA del PRS de la celda vecina tomando una señal recibida para la ventana de búsqueda como una correlación con una secuencia PRS de la celda vecina.

20 El EU calcula el RSTD para la celda de referencia de cada una de las celdas vecinas utilizando el TOA del PRS de la celda de referencia y el TOA del PRS de cada una de las celdas vecinas y luego transmite los RSTD calculados al servidor de ubicación a través de La estación base [S740]. Posteriormente, el servidor de ubicación estima una posición o ubicación del EU utilizando el RSTD para la celda de referencia de cada una de las celdas vecinas.

25 Además, en lugar de tener una celda de servicio contenida como una celda de referencia o una celda vecina en los datos de asistencia, un EU puede calcular RSTD de una pluralidad de celdas vecinas para una celda de referencia mediante el método descrito anteriormente de acuerdo con la primera realización de la presente invención en una forma que tiene 'slotNumberOffset, expectedRSTD y expectedRSTD-Uncertainty' de una celda de servicio y 'slotNumberOffset, expectedRSTD y expectedRSTD-Uncertainty' de una celda de referencia contenida en los datos de asistencia.

30 Si la celda de referencia y las celdas vecinas transmiten PRS en puntos de tiempo similares entre sí, respectivamente, un valor del RSTD esperado puede limitarse a un rango predeterminado. Sin embargo, como el valor del RSTD esperado está limitado al rango predeterminado, si la celda de referencia y las celdas vecinas no transmiten PRS en puntos de tiempo similares entre sí, respectivamente, el EU puede recibir el PRS de la celda de referencia solamente Si es consciente de la SFN de la celda de referencia. Y, el EU es capaz de recibir el PRS de la celda vecina correspondiente solo si tiene conocimiento de la SFN de la celda vecina correspondiente. Por lo tanto, los datos de asistencia deben contener la información en el SFN de la celda de referencia y la información en el SFN de la celda vecina. En este caso, la información en la SFN puede convertirse en un valor de la propia SFN o puede convertirse en un desplazamiento entre la SFN de la celda de servicio y la SFN de la celda correspondiente. En particular, el servidor de ubicación permite que el valor del propio SFN de la celda de referencia o el desplazamiento entre el SFN de la celda de servicio y el SFN de la celda de referencia estén contenidos en la información de la celda de referencia de OTDOA de los datos de asistencia y también permite el valor de la propia SFN de la celda vecina o el desplazamiento entre la SFN de la celda de servicio y la SFN de la celda vecina que se incluirá en el elemento de información de la celda vecina OTDOA.

45 Si la información sobre el SFN de la celda de referencia y la información sobre el SFN de la celda vecina están contenidas en los datos de asistencia, el prs-MutingInfo de la celda de referencia se configura con referencia al SFN de la celda de referencia y el prs- MutingInfo de la celda vecina se puede configurar con referencia a la SFN de la celda vecina. En particular, un primer bit de la secuencia de silenciamiento de PRS se puede definir como correspondiente a una primera ocasión de posicionamiento que comienza después de un punto de inicio de una trama que tiene un número de trama del sistema (SFN) de la celda correspondiente establecida en 0. Si es así, un PRS el índice de configuración está configurado para coincidir con una SFN de una estación base de referencia o vecina que transmite un PRS y se define una información de silenciamiento de PRS con referencia a un SFN de una celda de servicio. Por lo tanto, es capaz de resolver el problema de que el índice de configuración de PRS y la información de silenciamiento de PRS entren en conflicto entre sí.

55 En la siguiente descripción, se explica un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una segunda realización de la presente invención. De acuerdo con una segunda realización de la presente invención, un EU puede recibir PRS de una celda de referencia y celdas vecinas de una manera de adquirir SFN de las celdas de referencia y vecinas mediante la decodificación de canales de difusión primarios (en adelante abreviado P-BCH) del celdas de referencia y vecinas y usando el 'prs-Configuration Index' (contenido en los datos de asistencia) de las celdas de

referencia y vecinas o puede recibir un PRS de una celda de referencia y un PRS de una celda vecina por detección ciega.

5 En particular, el EU calcula una trama y una franja en la que el PRS se transmite desde la celda de referencia de una manera que recibe los datos de asistencia mostrados en las Figs. 9 a 12 desde la celda de servicio y luego use el prs-ConfigurationIndex de la celda de referencia contenida en los datos de asistencia. El EU luego mide un TOA de manera que encuentre un SFN de la celda de referencia al decodificar el P-BCH de la celda de referencia y luego recibir el PRS de la celda de referencia en la franja calculada de la trama. El EU calcula una trama y una franja para la celda vecina en la que se transmite el PRS utilizando el prs_configurationIndex de la celda vecina. El EU luego mide un TOA para encontrar un SFN de la celda vecina mediante la decodificación del P-BCH de la celda vecina y luego recibir el PRS de la celda vecina en la franja calculada de la trama. Finalmente, el EU encuentra un RSTD utilizando el TOA del PRS de la celda de referencia y el TOA del PRS de la celda vecina.

10 Alternativamente, el EU calcula una trama y una franja para que la celda de referencia transmita el PRS de manera que reciba los datos de asistencia mostrados en las Figs. 9 a 12 desde la celda de servicio y luego use el prs-ConfigurationIndex de la celda de referencia contenida en los datos de asistencia. El EU luego mide un TOA de manera que encuentre un SFN de la celda de referencia al decodificar el P-BCH de la celda de referencia y luego recibir el PRS de la celda de referencia en la franja calculada de la trama. El equipo de usuario luego mide una TOA al recibir el PRS de la celda vecina por detección a ciegas. Finalmente, el EU encuentra un RSTD utilizando el TOA del PRS de la celda de referencia y el TOA del PRS de la celda vecina.

15 Alternativamente, el EU puede encontrar un RSTD de una manera de medir un TOA al recibir el PRS de la celda de referencia por detección ciega, medir un TOA al recibir el PRS de la celda vecina por detección ciega, y luego usar el TOA de la PRS de la celda de referencia y el TOA de la PRS de la celda vecina.

20 Posteriormente, el EU transmite el RSTD a la celda de servicio. La celda de servicio transmite el RSTD recibido para la celda de referencia de cada una de una pluralidad de celdas vecinas al servidor de ubicación. Finalmente, el servidor de ubicación estima la posición o ubicación del equipo de usuario utilizando el RSTD para la celda de referencia de cada una de una pluralidad de celdas vecinas.

25 En la siguiente descripción, se explica un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.

De acuerdo con una tercera realización de la presente invención, un servidor de ubicación configura prs-ConfigurationIndex de una celda de referencia y prs-ConfigurationIndex de una celda vecina con referencia a un SFN de una celda de servicio y luego transmite el prs-ConfigurationIndex configurado. Si es así, un EU recibe datos de asistencia y luego calcula una trama y una franja, en la cual se transmite un PRS de la celda de referencia, utilizando el prs ConfigurationIndex de la celda de referencia contenida en los datos de asistencia recibidos. Dado que la trama y la franja calculadas corresponden respectivamente a los números de trama y franja de la celda de servicio y el EU ya conoce el SFN de la celda de servicio, el EU puede medir un TOA al recibir un PRS de la celda de referencia en la franja y trama calculada.

30 Utilizando el prs-ConfigurationIndex de la celda vecina contenida en los datos de asistencia recibidos, el EU calcula una trama y una franja en la que se transmitió un PRS de la celda vecina. En este caso, dado que la trama y la franja calculadas corresponden respectivamente a los números de trama y franja de la celda de servicio y el EU ya conoce la SFN de la celda de servicio, el EU puede medir un TOA al recibir un PRS de la celda vecina en la trama y franja calculada.

El EU encuentra un RSTD utilizando el TOA de la PRS de la celda de referencia y el TOA de la PRS de la celda vecina.

El EU transmite los RSTD a la celda de servicio. Posteriormente, la celda de servicio transmite los RSTD recibidos de cada una de las celdas vecinas para la celda de referencia a un servidor de ubicación. El servidor de ubicación estima una posición o ubicación del EU utilizando los RSTD de cada una de las celdas vecinas para la celda de referencia.

45 Para que el EU pueda medir de manera eficiente el TOA de la PRS de la celda de referencia y la celda vecina, el servidor de ubicación permite que la celda de servicio esté contenida como una celda de referencia o una celda vecina en los datos de asistencia o habilite la slotNumberOffset, expectedRSTD y expectedRSTD-Uncertainty de la celda de servicio y la celda de referencia que se incluirán en los datos de asistencia.

50 En la siguiente descripción, se explica un método para determinar una posición de un EU de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención.

De acuerdo con una cuarta realización de la presente invención, un servidor de ubicación configura prs-ConfigurationIndex de una celda de referencia y prs-ConfigurationIndex de una celda vecina con referencia a un SFN de la celda de referencia y luego transmite el prs-ConfigurationIndex configurado. Si es así, un EU recibe datos de asistencia y luego calcula una trama y una franja, en la cual se transmite un PRS de la celda de referencia, utilizando el prs-ConfigurationIndex de la celda de referencia contenida en los datos de asistencia recibidos. Posteriormente, el

EU adquiere el SFN de la celda de referencia al decodificar P-BCH de la celda de referencia y luego mide un TOA al recibir el PRS de la celda de referencia en la trama y la franja calculadas.

5 Alternativamente, el servidor de ubicación permite que dicha información en la SFN de la celda de referencia como un valor de la SFN de la celda de referencia en sí misma, un desplazamiento entre un SFN de una celda de servicio y el SFN de la celda de referencia y similares se contenga en Los datos de asistencia. Si es así, el EU encuentra el SFN de la celda de referencia basándose en la información recibida en el SFN de la celda de referencia y luego mide un TOA al recibir el PRS de la celda de referencia en la trama y la franja calculadas. Si la información sobre el SFN de la celda de referencia está contenida en los datos de asistencia, prs-MutingInfo de la celda de referencia y la celda vecina se pueden configurar con referencia al SFN de la celda de referencia. Si es así, es posible resolver el problema de que el índice de configuración de PRS y la información de silenciamiento de PRS entren en conflicto entre sí.

10 Utilizando el prs-ConfigurationIndex de la celda vecina contenida en los datos de asistencia, el EU calcula una trama y una franja en la que se transmite un PRS de la celda vecina. En este caso, dado que la trama y la franja calculadas corresponden respectivamente a los números de trama y franja de la celda de referencia y el EU ya conoce el SFN de la celda de referencia, el EU puede medir un TOA al recibir un PRS de la celda vecina en la trama y franja calculada.

15 El EU encuentra un RSTD utilizando el TOA de la PRS de la celda de referencia y el TOA de la PRS de la celda vecina.

El EU transmite el RSTD a la celda de servicio. Posteriormente, la celda de servicio transmite el RSTD recibido de cada una de las celdas vecinas para la celda de referencia a un servidor de ubicación. El servidor de ubicación estima una posición o ubicación del EU utilizando el RSTD de cada una de las celdas vecinas para la celda de referencia.

20 Para que el EU pueda medir de manera eficiente el TOA del PRS de cada una de las celdas de referencia y la celda vecina, el servidor de ubicación permite que la celda de servicio esté contenida como una celda de referencia o una celda vecina en los datos de asistencia o permite que slotNumberOffset, expectedRSTD y expectedRSTD-Uncertainty de cada una de las celdas de servicio y la celda de referencia estén contenidas en los datos de asistencia.

La figura 15 es un diagrama para configuraciones de transmisor y receptor, en el que se implementan las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención.

25 En la figura 15, el transmisor y el receptor pueden convertirse en un EU o un servidor de ubicación. Y, el EU y el servidor de ubicación pueden comunicarse entre sí a través de una estación base.

30 Con referencia a la figura 15, el transmisor/receptor incluye una antena 1000/1010 capaz de transmitir y recibir información, datos, señales y/o mensajes y similares, un módulo de transmisión (módulo Tx) 1040/1050 que transmite un mensaje controlando la antena, un receptor módulo (módulo Rx) 1060/1070 que recibe un mensaje al controlar la antena, una memoria 1080/1090 que almacena información asociada con las comunicaciones y un procesador 1020/1030 que controla el módulo de transmisión, el módulo de recepción y la memoria.

35 La antena 1000/1010 transmite externamente una señal generada desde el módulo 1040/1050 de transmisión Y, la antena 1000/1010 recibe externamente una señal de radio y luego entrega la señal de radio recibida al módulo 1060/1070 de recepción En caso de que se admita una función de antena múltiple (MIMO), se pueden proporcionar al menos dos antenas al transmisor/receptor.

40 El procesador 1020/1030 generalmente controla las operaciones globales del transmisor/receptor. En particular, el procesador 1020/1030 puede realizar una función de control para realizar las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención, una función de control variable de trama MAC (control de acceso al medio) de acuerdo con las características de servicio y el entorno de propagación, una función de traspaso, una función de autenticación, una función de cifrado y similares. Y, el procesador 1020/1030 puede incluir además un módulo de cifrado configurado para cifrar varios mensajes y un módulo de temporizador configurado para controlar las transmisiones y recepciones de los diversos mensajes.

45 El procesador 1020 del EU recibe un PRS desde una celda de referencia o cada una de una pluralidad de celdas vecinas que usan información del sistema recibida desde el servidor de ubicación y luego mide un RSTD de cada una de las celdas vecinas para la celda de referencia.

Y, el procesador 1030 del servidor de ubicación determina una posición o ubicación del EU utilizando el RSTD recibido del EU.

50 El módulo 1040/1050 de transmisión realiza la codificación y modulación prescritas en una señal y/o datos, que son programados por el procesador y luego serán transmitidos externamente, y luego es capaz de entregar la señal y/o datos codificados y modulados a la antena 1000/1010.

El módulo de transmisión 1050 del EU transmite el RSTD medido de cada una de una pluralidad de celdas vecinas para la celda de referencia al servidor de ubicación.

Y el módulo de transmisión 1040 del servidor de ubicación transmite la información del sistema que incluye información sobre la celda de referencia y una pluralidad de las celdas vecinas al EU.

El módulo 1060/1070 de recepción reconstruye la señal de radio recibida externamente a través de la antena 1000/1010 en datos originales de una manera que realiza la decodificación y demodulación de la señal de radio recibida y luego puede entregar los datos originales reconstruidos al procesador 1020/1030.

5 El módulo receptor 1070 del EU recibe la información del sistema que incluye la información sobre la celda de referencia y una pluralidad de celdas vecinas del servidor de ubicación. En este caso, la información del sistema permite que una celda, desde la cual el EU puede adquirir SFN, sea contenida como la celda de referencia o una de una pluralidad de celdas vecinas.

Y el módulo 1060 de recepción del servidor de ubicación recibe el RSTD (medido por el EU) de cada una de una pluralidad de celdas vecinas para la celda de referencia del EU.

10 La memoria 1080/1090 puede almacenar programas para el procesamiento y control del procesador y puede realizar una función de almacenamiento temporal de datos de entrada/salida (por ejemplo, en el caso de una estación móvil, concesión de UL asignada por la estación base, información del sistema, identificador de estación (STID), identificador de flujo (FID), tiempo de acción, información de asignación de región, información de desplazamiento de trama, etc.).

15 Y, la memoria 1080/1090 puede incluir al menos uno de los medios de almacenamiento que incluye una memoria flash, un disco duro, un micro tipo de tarjeta de memoria multimedia, una memoria de tipo de tarjeta de memoria (por ejemplo, memoria SD, memoria XD, etc.), una RAM (memoria de acceso aleatorio), una SRAM (memoria de acceso aleatorio estática), una ROM (memoria de solo lectura), una EEPROM (memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente), una PROM (memoria de solo lectura programable), una memoria magnética, un disco magnético, un disco óptico y similares. Como se menciona en la descripción anterior, las descripciones detalladas de las realizaciones preferidas de la presente invención se proporcionan para ser implementadas por los expertos en la materia. Aunque la presente invención se ha descrito e ilustrado en el presente documento con referencia a las realizaciones preferidas de la misma, será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra las modificaciones y variaciones de esta invención que están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes. Por ejemplo, las configuraciones respectivas descritas en las realizaciones antes mencionadas de la presente invención pueden ser utilizadas por los expertos en la técnica de manera que se combinen entre sí. Por lo tanto, la presente invención no está limitada por las realizaciones divulgadas en el presente documento, sino que pretende proporcionar un alcance más amplio que coincida con los principios y las nuevas características descritas en el presente documento.

20
25
30 Será evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del espíritu o alcance de las invenciones. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra las modificaciones y variaciones de esta invención siempre que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Aplicabilidad industrial

35 Por consiguiente, la presente invención es aplicable a sistemas de comunicación inalámbrica.

REIVINDICACIONES

1. Un método para realizar, por un equipo (1000) de usuario, mediciones para la diferencia de tiempo observada de llegada, OTDOA, el método comprende:
- 5 recibir (S710), por el equipo (1000) de usuario, información del sistema que incluye información sobre una celda de referencia para el OTDOA e información sobre una celda vecina para el OTDOA;
- recibir, por el equipo (1000) de usuario, una señal de referencia de posicionamiento, PRS, de la referencia y un PRS de la celda vecina en base a la información del sistema; y
- medir, por el equipo (1000) de usuario, la diferencia de tiempo relativa entre la celda vecina y la celda de referencia en función de las PRS,
- 10 en el que la información del sistema incluye una secuencia de silenciamiento PRS para al menos una de las celdas de referencia y vecinas,
- en el que la secuencia de silenciamiento PRS indica en qué ocasión de posicionamiento PRS, entre una pluralidad de ocasiones de posicionamiento PRS, se silencia un PRS de una celda correspondiente,
- 15 en el que cada una de la pluralidad de ocasiones de posicionamiento de PRS comprende subtramas consecutivas a los cuales se asigna el PRS de la celda correspondiente, y
- caracterizado porque:
- La información del sistema incluye información en al menos una celda de servicio para obtener un número de trama del sistema (SFN) por el EU (1000) como la información en la celda de referencia o la información en la celda vecina.
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
- 20 transmitir, por el equipo (1000) de usuario, un mensaje para solicitar la información del sistema.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, en el que medir la diferencia de tiempo relativa comprende:
- medir (S720) el tiempo de llegada, TOA, de la PRS de la celda de referencia utilizando la información del sistema;
- medir (S730) un TOA de la PRS de la celda vecina utilizando la información del sistema; y
- 25 calcular (S740) la diferencia de tiempo relativa de la celda vecina para la celda de referencia utilizando el TOA medido de la celda de referencia y el TOA medido de la celda vecina.
4. Un método para soportar, mediante un servidor (1010) de ubicación, las mediciones de la diferencia de tiempo observada de llegada, OTDOA, en un equipo (1000) de usuario, que comprende:
- transmitir, por el servidor (1010) de ubicación, información del sistema que incluye información sobre una celda de referencia para el OTDOA e información sobre una celda vecina para el OTDOA;
- 30 recibir, por el servidor (1010) de ubicación, la diferencia de tiempo relativa entre la celda vecina y la celda de referencia, medida en el equipo (1000) de usuario basada en una señal de referencia de posicionamiento, PRS, de la celda de referencia y un PRS de una celda vecina de acuerdo con la información del sistema,
- en el que la información del sistema incluye una secuencia de silenciamiento PRS para al menos una de las celdas de referencia y vecinas,
- 35 en el que la secuencia de silenciamiento PRS indica en el que la ocasión de posicionamiento PRS, entre una pluralidad de ocasiones de posicionamiento PRS, se silencia el PRS de una celda correspondiente,
- en el que cada una de las ocasiones de posicionamiento de PRS comprende subtramas consecutivas a las que se asigna el PRS de la celda correspondiente, y
- se caracteriza porque:
- 40 La información del sistema incluye información en al menos una celda de servicio para obtener un número de trama del sistema (SFN) por el equipo (1000) de usuario como la información en la celda de referencia o la información en la celda vecina.
5. El método de la reivindicación 4, que comprende además:
- Recibir, por el servidor (1010) de ubicación, un mensaje para solicitar la información del sistema.

6. El método de la reivindicación 4 o 5, en el que la diferencia de tiempo relativa entre la celda vecina y la celda de referencia corresponde a un tiempo de llegada, TOA, del PRS de la celda vecina menos un TOA del PRS de la celda de referencia.
- 5 7. Un equipo (1000) de usuario para realizar mediciones de la diferencia de tiempo observada de llegada, OTDOA, el equipo (1000) de usuario comprende:
- un módulo (1060) receptor y
- un procesador (1020) configurado para controlar el módulo receptor, el procesador (1020) configurado para:
- controlar el módulo (1060) receptor para recibir información del sistema que incluye información en una celda de referencia para la OTDOA e información en una celda vecina para la OTDOA;
- 10 controlar el módulo (1060) receptor para recibir una señal de referencia de posicionamiento, PRS, de la referencia y un PRS de la celda adyacente en base a la información del sistema; y
- medir la diferencia de tiempo relativa entre la celda vecina y la celda de referencia en función de los PRS,
- en los que la información del sistema incluye una secuencia de silenciamiento PRS para al menos una de las celdas de referencia y vecinas,
- 15 en el que la secuencia de silenciamiento PRS indica en qué ocasión de posicionamiento PRS, entre una pluralidad de ocasiones de posicionamiento PRS, se silencia PRS de una celda correspondiente
- en el que cada una de la pluralidad de ocasiones de posicionamiento de PRS comprende subtramas consecutivas a los cuales se asigna el PRS de la celda correspondiente,
- caracterizado porque:
- 20 La información del sistema incluye información en al menos una celda de servicio. para obtener un número de trama del sistema (SFN) por el equipo (1000) de usuario como la información en la celda de referencia o la información en la celda vecina.
8. El equipo (1000) de usuario de la reivindicación 7, que comprende, además:
- un módulo (1040) de transmisión,
- 25 en el que el procesador (1020) controla el módulo de transmisión para transmitir un mensaje para solicitar la información del sistema.
9. El equipo (1000) de usuario de la reivindicación 7 u 8, en el que el procesador (1020) está configurado para:
- medir el tiempo de llegada, TOA, de la PRS de la celda de referencia utilizando la información del sistema;
- medir un TOA de la PRS de la celda vecina utilizando la información del sistema; y
- 30 calcular la diferencia de tiempo relativa de la celda vecina para la celda de referencia utilizando el TOA medido de la celda de referencia y el TOA medido de la celda vecina.
10. Un servidor (1010) de localización para soportar mediciones de diferencias de tiempo de llegada observadas, OTDOA, a un equipo (1000) de usuario, la ubicación comprende:
- un módulo (1050) de transmisión,
- 35 un módulo (1070) receptor,
- un procesador (1030) configurado para controlar el módulo (1050) de transmisión y el módulo (1070) de recepción, el procesador (1030) se configura para:
- controlar el módulo (1050) de transmisión para transmitir información del sistema, que incluye información sobre una celda de referencia para el OTDOA e información sobre una celda vecina para el OTDOA;
- 40 controlar el módulo receptor para recibir la diferencia de tiempo relativa entre la celda vecina y la celda de referencia, medida en el equipo (1000) de usuario basada en una señal de referencia de posicionamiento, PRS, de la celda de referencia y un PRS de una celda vecina de acuerdo con la información del sistema,
- en el que la información del sistema incluye una secuencia de silenciamiento PRS para al menos una de las celdas de referencia y vecinas,

en el que la secuencia de silenciamiento PRS indica en qué ocasión de posicionamiento PRS, entre una pluralidad de ocasiones de posicionamiento PRS, se silencia el PRS de una celda correspondiente,

en el que cada una de las ocasiones de posicionamiento de PRS comprende subtramas consecutivas a los cuales se asigna el PRS de la celda correspondiente,

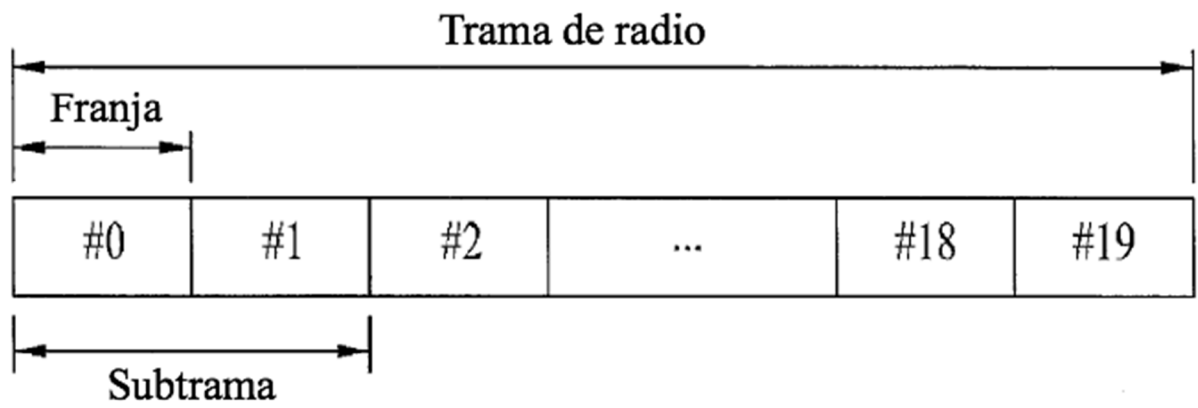
5 caracterizado porque:

la información del sistema incluye información en al menos una celda de servicio para obtener un número de trama del sistema (SFN) por parte del equipo (1000) de usuario como la información en la celda de referencia o la información en la celda vecina

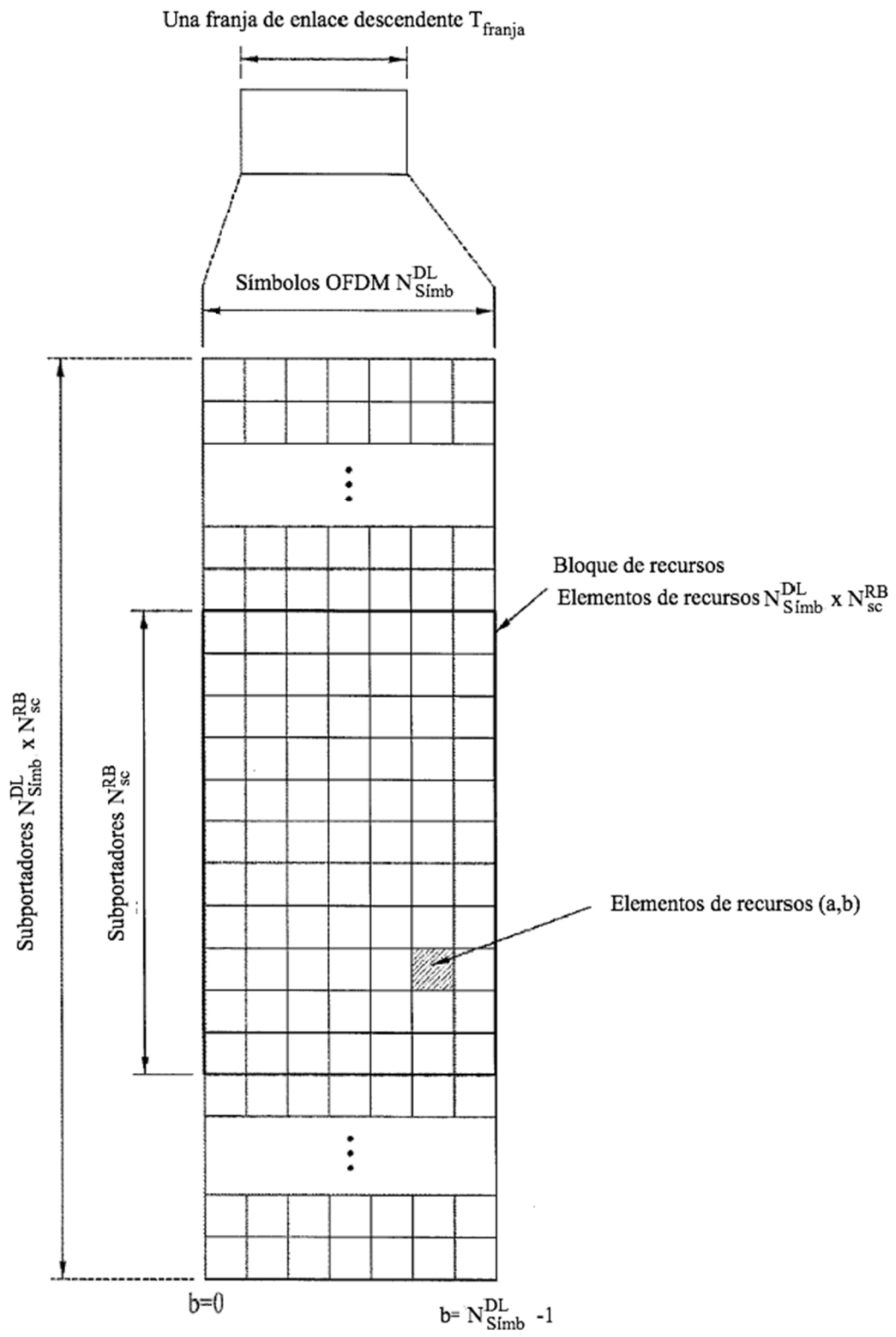
10 11. El servidor de ubicación de la reivindicación 10, en el que el procesador controla el módulo de recepción para recibir un mensaje para solicitar la información del sistema.

12. El servidor de ubicación de la reivindicación 10 u 11, en el que la diferencia de tiempo relativa entre la celda vecina y la celda de referencia corresponde a un tiempo de llegada, TOA, del PRS de la celda vecina menos un TOA del PRS de la referencia celda.

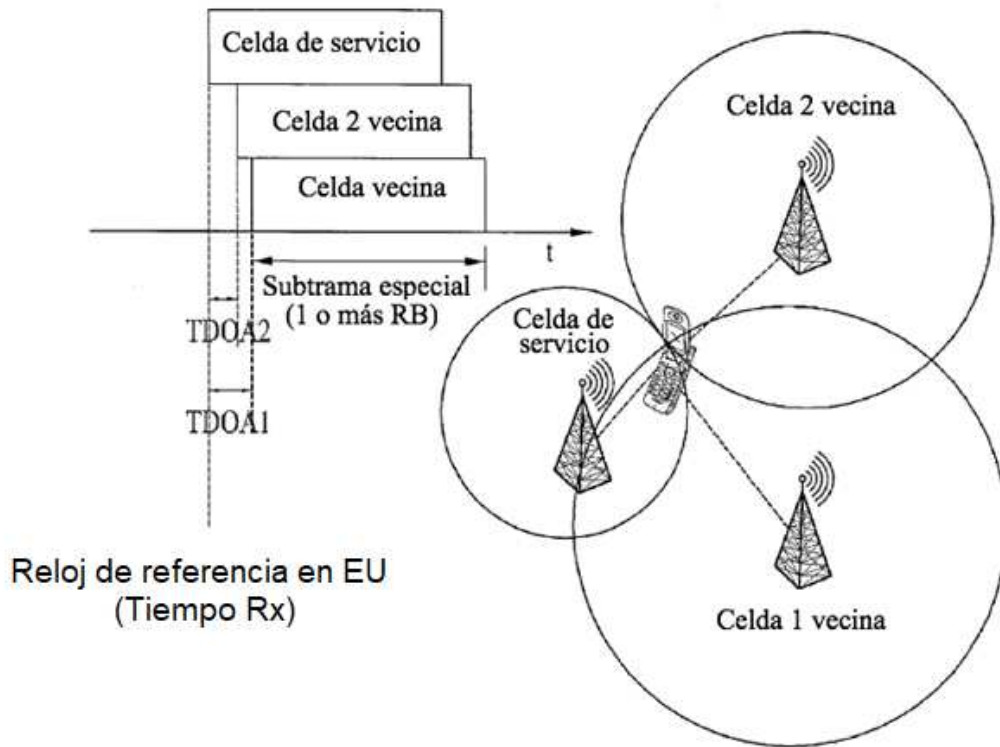
[Fig. 1]



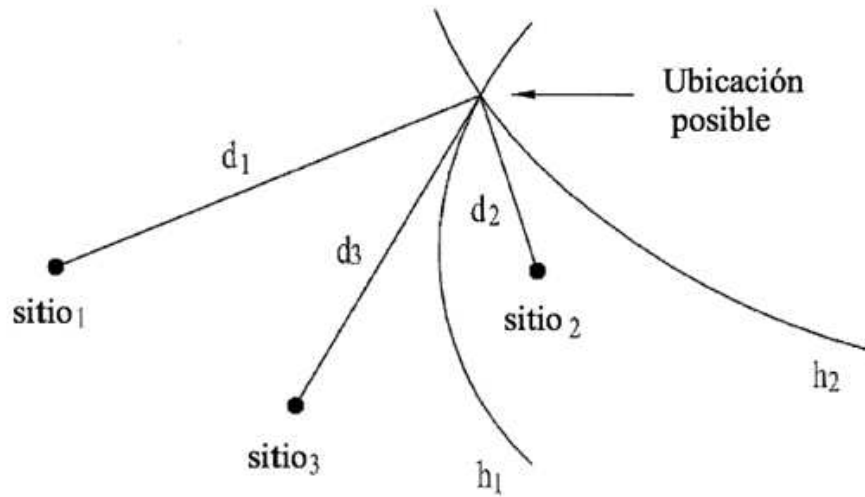
[Fig. 2]



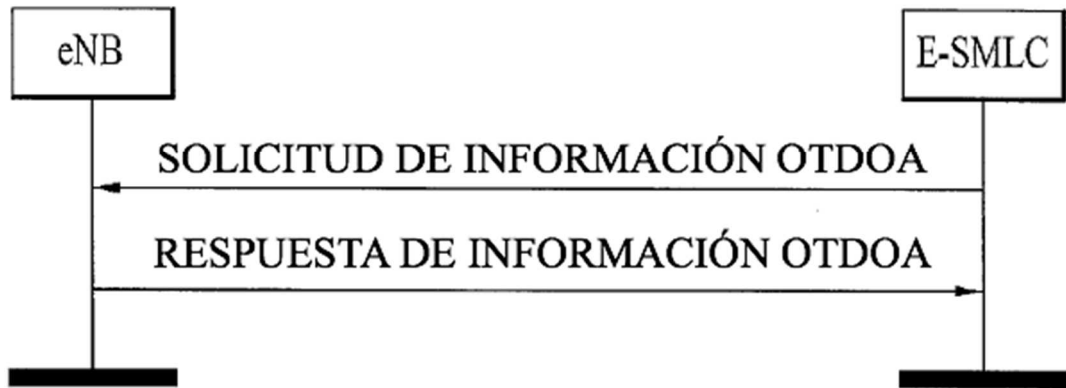
[Fig. 3]



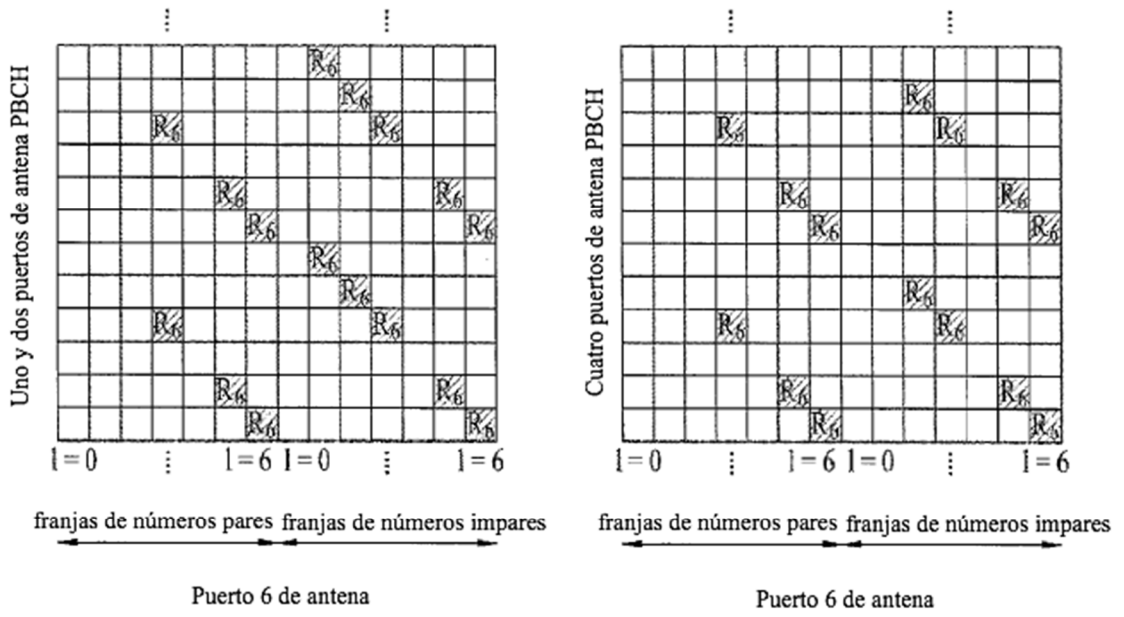
[Fig. 4]



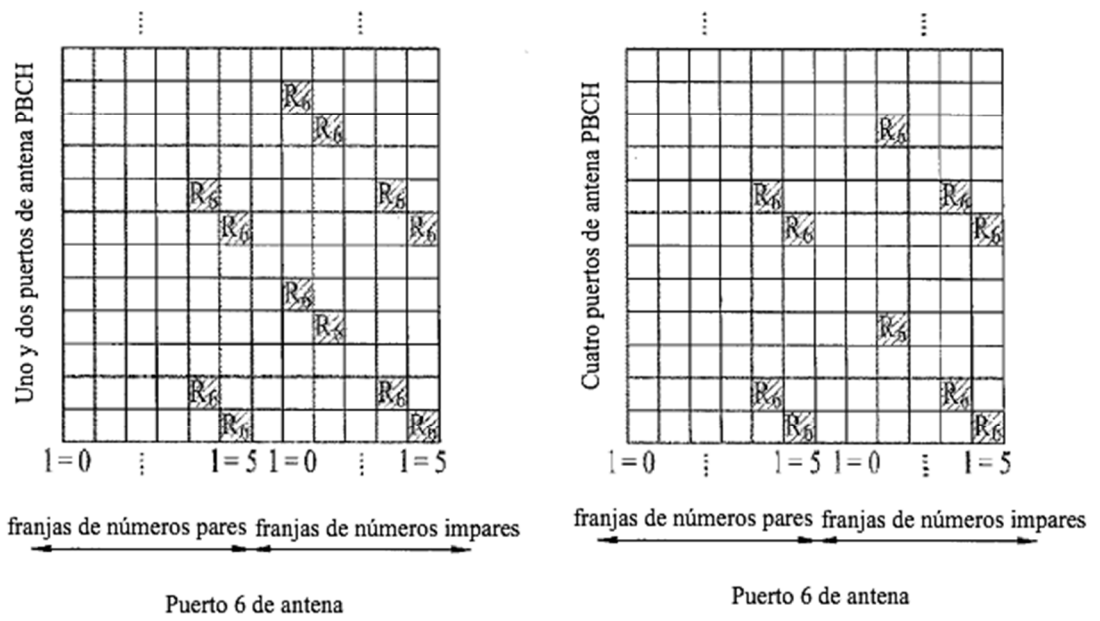
[Fig. 5]



[Fig. 6]

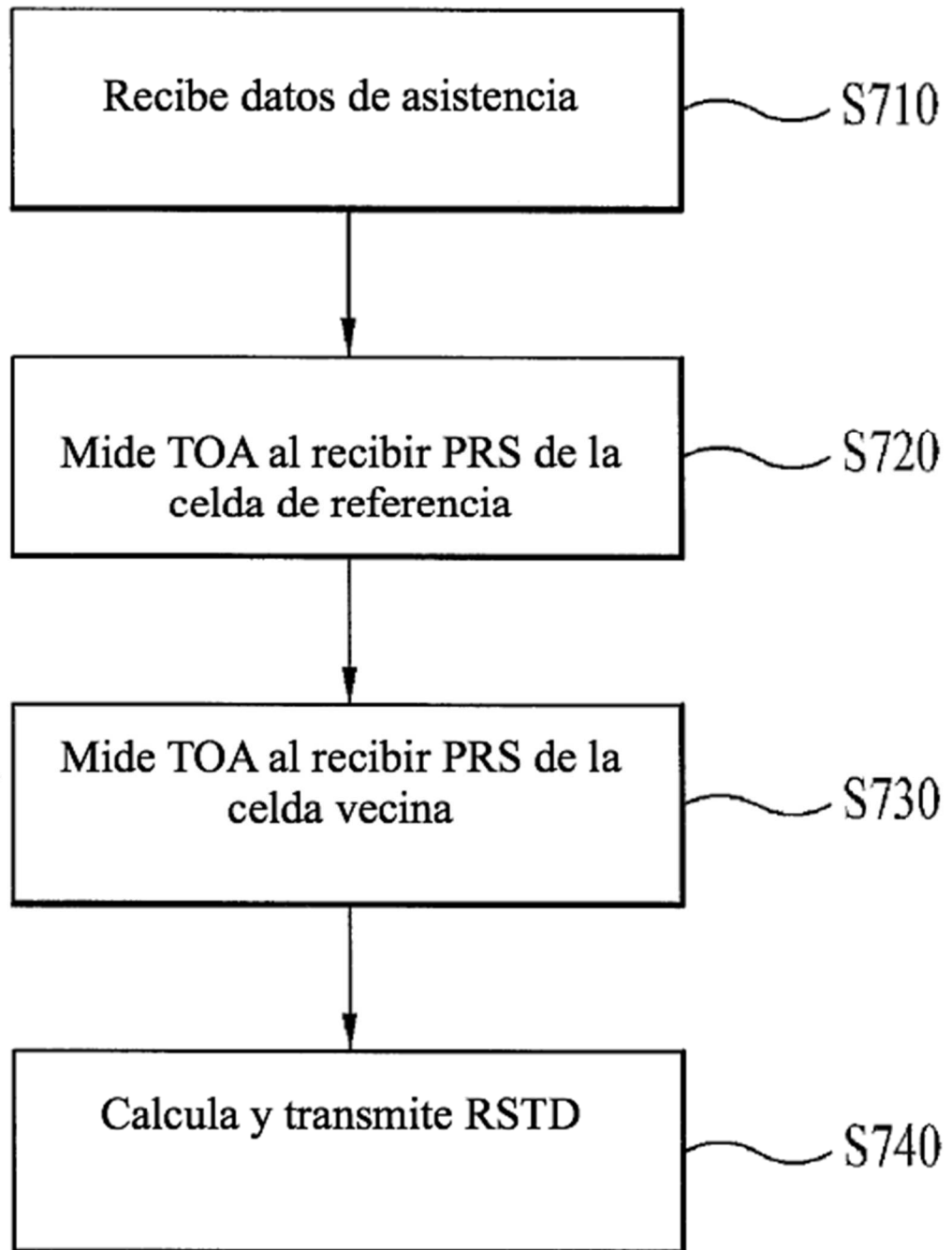


(a)

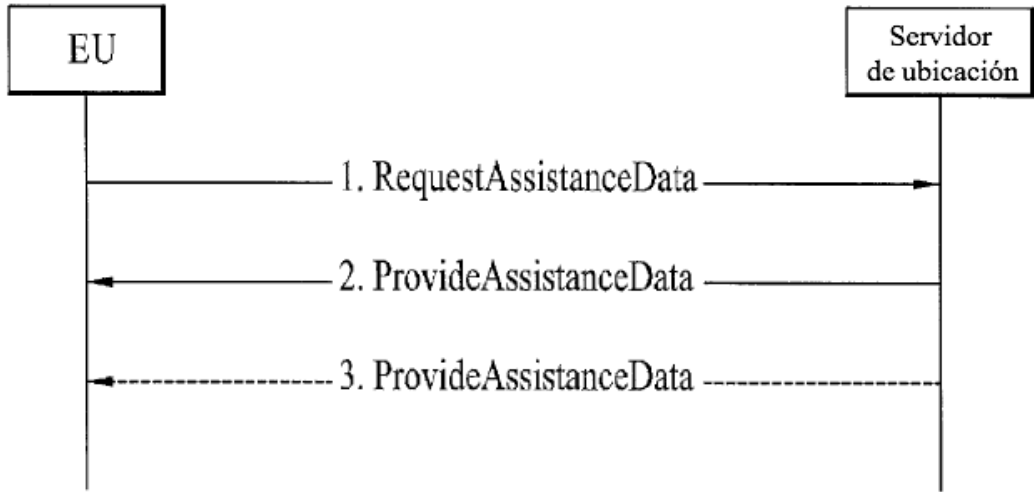


(b)

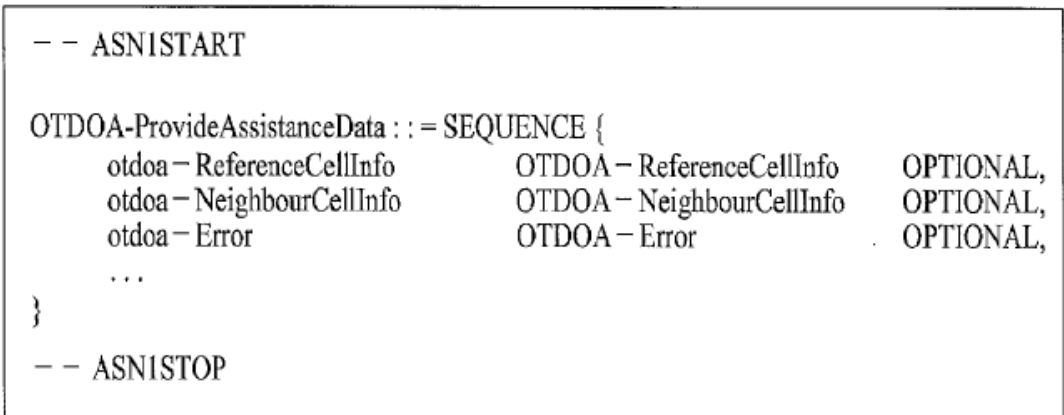
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]

```

-- ASN1START
OTDOA-ReferenceCellInfo ::= SEQUENCE {
    prs-Bandwidth      INTEGER (0..503),
    cellGlobalId      ECGI,
    earfcnRef          ARFCN-ValueEUTRA,
    antennaPortConfig ENUMERATED {ports1-or-2, ports4, ...}
    cpLength          ENUMERATED {normal, extended, ...}
    prsInfo            PRS-Info
    ...
}
-- ASN1STOP
-- Need ON
-- Cond NotSameAsServ0
-- Cond NotSameAsServ1
-- Cond PRS

```

[Fig. 11]

```

-- ASN1START
PRS-Info ::= SEQUENCE {
    prs-Bandwidth
    prs-ConfigurationIndex
    numDL-Frames
    ...,
    prs-MutingInfo-r9
    po2-r9
    po4-r9
    po8-r9
    po16-r9
    ...,
}
-- ASN1STOP
-- Need OP
OPTIONAL
ENUMERATED { n6, n15, n25, n50, n75, n100, ...},
INTEGER (0..4095),
ENUMERATED { sf-1, sf-2, sf-4, sf-6, ...},
CHOICE {
    BIT STRING (SIZE (2)),
    BIT STRING (SIZE (4)),
    BIT STRING (SIZE (8)),
    BIT STRING (SIZE (16)),
}

```

[Fig. 12]

```

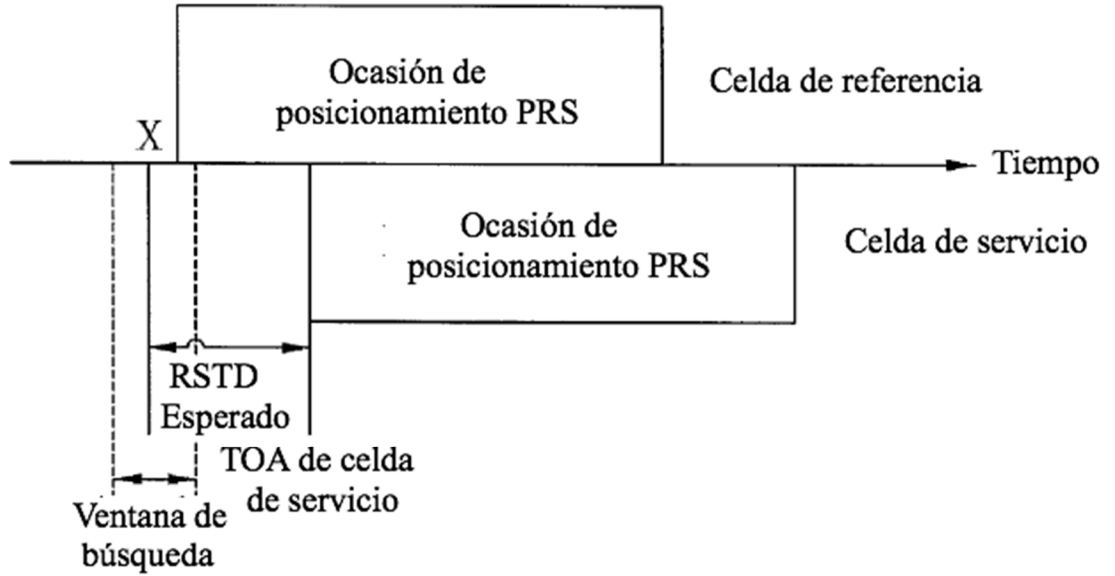
-- ASN1START
OTDOA-NeighbourCellInfoList ::= SEQUENCE (SIZE (1..maxFreqLayers)) OF OTDOA-NeighbourFreqInfo
OTDOA-NeighbourCellInfo ::= SEQUENCE (SIZE (1..24)) OF OTDOA-NeighbourCellInfoElement

OTDOA-NeighbourCellInfoElement ::= SEQUENCE {
physCellId          INTEGER (0..503),
cellGlobalId       ECGI
earfcn              ARFCN-ValueEUTRA
cpLength            ENUMERATED {normal,
                                extended, ...}
prs Info            OPTIONAL,
antennaPortConfig  OPTIONAL,
slotNumberOffset   OPTIONAL,
prs-subframeOffset OPTIONAL,
expectedRSTD       OPTIONAL,
expectedRSTD-Uncertainty
...
}

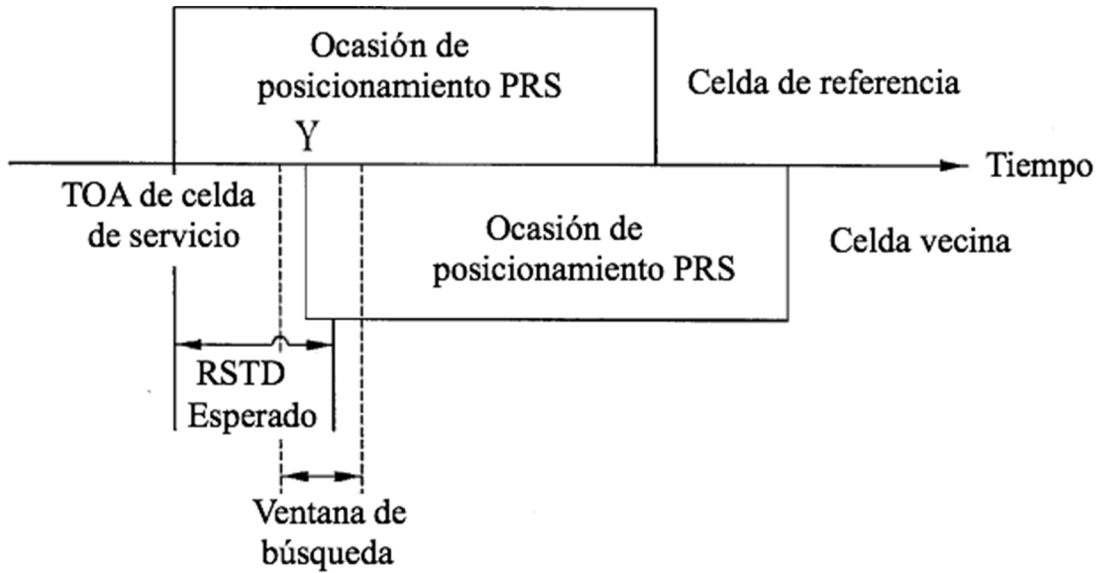
maxFreqLayers      INTEGER ::= 3
-- ASN1STOP

```

[Fig. 13]



[Fig. 14]



[Fig. 15]

